



Kraków, 7 czerwca 2017

Kosmiczna inflacja: Higgs żegna się ze swoim „mniejszym bratem”

W pierwszych chwilach po Wielkim Wybuchu Wszechświat mógł się rozszerzać nawet miliardy miliardów miliardów razy szybciej niż obecnie. Za tak gwałtowną ekspansję powinno odpowiadać dotychczas nieznanne pole sił, przenoszące oddziaływania za pomocą nowej cząstki: inflatonu. Z najnowszej analizy rozpadów mezonów pięknych, wykonanej w ramach eksperymentu LHCb przez fizyków z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie we współpracy z Uniwersytetem w Zurychu, wynika jednak, że najbardziej prawdopodobny lekki inflaton – cząstka o cechach słynnego bozonu Higgsa, lecz mniej masywna – niemal na pewno nie istnieje.

Tuż po Wielkim Wybuchu Wszechświat prawdopodobnie przeszedł przez fazę inflacji – niezwykle gwałtownej ekspansji. Jeśli inflacja faktycznie się wydarzyła, powinno za nią odpowiadać nowe pole sił. Jego nośnikami byłyby hipotetyczne cząstki, inflatony, które pod wieloma cechami powinny przypominać słynne bozony Higgsa. Fizycy z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie i Uniwersytetu w Zurychu (UZH) poszukiwali śladów lekkich inflatonów w rozpadach mezonów pięknych, zarejestrowanych przez detektory eksperymentu LHCb w CERN pod Genewą. Szczegółowa analiza danych, zrealizowana dzięki środkom Narodowego Centrum Nauki, stawia jednak istnienie lekkich inflatonów pod dużym znakiem zapytania.

Choć grawitacja jest oddziaływaniem bardzo słabym, to ona decyduje o wyglądzie Wszechświata w jego największych skalach. Nic więc dziwnego, że fundamentem współczesnych modeli kosmologicznych jest nasza najlepsza teoria grawitacji: ogólna teoria względności Alberta Einsteina. Już pierwsze modele kosmologiczne zbudowane w ramach teorii względności sugerowały, że Wszechświat jest tworem dynamicznym. Dziś wiemy, że kiedyś był niezwykle gęsty i gorący, a 13,8 miliarda lat temu nagle zaczął ekspandować. Teoria względności pozwala odtworzyć przebieg tego procesu poczynając od ułamków sekund po Wielkim Wybuchu.

„Jedną z najwcześniejszych widocznych do dziś pozostałości po tych wydarzeniach jest mikrofalowe promieniowanie tła, które uformowało się kilkaset tysięcy lat po Wielkim Wybuchu. Obecnie odpowiada ono temperaturze około 2,7 kelwina i bardzo jednorodnie wypełnia cały Wszechświat. Właśnie ta jednorodność okazała się wielką zagadką”, mówi dr inż. Marcin Chrząszcz (IFJ PAN) i wyjaśnia: „Gdy patrzymy w niebo, fragmenty głębokiego kosmosu widoczne w jednym kierunku mogą być tak odległe od widocznych w innym kierunku, że światło nie miało jeszcze czasu, żeby między nimi przelecieć. Zatem nic, co wydarzyło się w jednym z tych obszarów, nie powinno mieć wpływu na drugi. Lecz gdziekolwiek nie spojrzymy, temperatura odległych regionów kosmosu jest zawsze niemal identyczna! W jaki sposób mogła się tak ujednolicić?”.

Jednorodność mikrofalowego promieniowania tła tłumaczy się mechanizmem zaproponowanym przez Alana Gutha w 1981 roku. W jego modelu Wszechświat początkowo rozszerza się wolno i jego wszystkie dziś obserwowane fragmenty mają czas, by wejść w interakcje i wyrównać temperaturę. Według Gutha, w pewnym momencie musiało jednak dojść do bardzo krótkiej, lecz niezwykle gwałtownej ekspansji czasoprzestrzeni – nawet wiele miliardów miliardów miliardów razy szybszej od obecnej. Odpowiedzialne za tę inflację nowe pole sił tak rozdeptało Wszechświat, że dziś jego różne części są rozdzielone przyczynowo.

„Nowe pole zawsze oznacza istnienie cząstki będącej nośnikiem oddziaływania. Kosmologia stała się więc interesująca dla fizyków badających zjawiska w mikroskalach. Przez długi czas dobrym kandydatem na inflaton wydawał się słynny bozon Higgsa. Ale gdy w 2012 roku higgs został wreszcie zaobserwowany w europejskim akceleratorze LHC, okazało się, że ma za dużą masę. Gdyby higgs z taką masą odpowiadał za inflację, dzisiejsze promieniowanie reliktywne wyglądałoby inaczej niż obecnie zarejestrowane przez satelity COBE, WMAP i Planck”, stwierdza dr Chrzęszcz.

Teoretycy zaproponowali rozwiązanie tej zaskakującej sytuacji: inflatonem miałyby być zupełnie nowa cząstka, o właściwościach higgsa, lecz wyraźnie mniejszej masie. W mechanice kwantowej identyczność cech powoduje, że cząstki mogą oscylować: cyklicznie przekształcają się jedna w drugą. Model inflacji z tak skonstruowanym inflatonem miałby tylko jeden parametr, opisujący częstość przemian obu cząstek.

„Masa nowego inflatonu mogłaby być wystarczająco mała, by cząstka pojawiała się w rozpadach mezonów pięknych B^+ . A mezony piękne to cząstki rejestrowane w dużych ilościach w ramach eksperymentu LHCb przy Wielkim Zderzaczu Hadronów. Postanowiliśmy więc poszukać rozpadów mezonów z udziałem inflatonu w danych zebranych w LHC w latach 2011-12”, mówi doktorant Andrea Mauri (UZH).

Gdyby lekki inflaton rzeczywiście istniał, mezon piękny B^+ mógłby się niekiedy rozpadać na kaon (mezon K^+) oraz cząstkę Higgsa, która w wyniku oscylacji przekształcałaby się w inflaton. Po przebyciu kilku metrów w detektorze inflaton rozpadałby się na dwie cząstki elementarne: mion i antymion. Detektory eksperymentu LHCb nie zarejestrowałyby obecności ani higgsa, ani inflatonu. Badacze z IFJ PAN spodziewali się jednak zobaczyć emisję kaonów oraz pojawianie się odpowiednio dalej par mion-antymion.

„W zależności od parametru opisującego częstość oscylacji inflaton-higgs, przebieg rozpadów mezonów B^+ powinien być nieco inny. W naszej analizie szukaliśmy rozpadów obejmujących aż 99% możliwych wartości tego parametru – i nic nie znaleźliśmy. Z dużą pewnością możemy więc powiedzieć, że lekki inflaton po prostu nie istnieje”, stwierdza dr Chrzęszcz.

Teoretycznie inflaton o małej masie wciąż może się ukrywać w jednym procencie niezbadanych wariantów oscylacji – te przypadki zostaną ostatecznie wykluczone przez przyszłe analizy z użyciem nowszych, właśnie zbieranych danych z akceleratora LHC. Fizycy muszą się jednak powoli oswajać z myślą, że jeśli inflaton istnieje, jest cząstką bardziej masywną niż sądzono lub występuje w więcej niż jednej odmianie. Jeśli jednak z czasem i te warianty okażą się nie odpowiadać rzeczywistości, inflacja, tak dobrze tłumacząca obserwowaną jednorodność Wszechświata, stanie się – bardzo dosłownie – największą zagadką współczesnej kosmologii.

Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN) w Krakowie zajmuje się strukturą materii i własnościami oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po wnętrza cząstek elementarnych. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 500 artykułach publikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość” o statusie Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW) na lata 2012-2017. Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. W klasyfikacji MNiSW Instytut został zaliczony do kategorii naukowej A+ w grupie nauk ścisłych i inżynierskich.

KONTAKT:

dr inż. **Marcin Chrząszcz**
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk
tel.: +48 12 6628437
email: marcin.chrzaszcz@ifj.edu.pl

PUBLIKACJE NAUKOWE:

1. „Search for long-lived scalar particles in $B^+ \rightarrow K^+ \chi (\mu^+ \mu^-)$ decays”
LHCb Collaboration
Physical Review D 95, 071101(R)
DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.95.071101>

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.cern.ch/>

Strona Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN.

<http://www.ifj.edu.pl/>

Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>

Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

IFJ170607b_fot01s.jpg

HR: http://press.ifj.edu.pl/news/2017/06/07/IFJ170607b_fot01.jpg

Inflaton, hipotetyczna cząstka spoza Modelu Standardowego, był poszukiwany w rozpadach cząstek w Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN. Ilustracja przedstawia typowy rozpad rejestrowany przez detektory eksperymentu LHCb. (Źródło: LHCb Collaboration, CERN)